

PAT-NO: JP02003181661A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003181661 A

TITLE: LASER PULSE IRRADIATION METHOD AND ULTRA-SHORT PULSE  
LASER APPARATUS

PUBN-DATE: July 2, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HATSUDA, YOSHIO	N/A
MIYAGAWA, MASAHIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NEC CORP	N/A

APPL-NO: JP2001384405

APPL-DATE: December 18, 2001

INT-CL (IPC): B23K026/00, H01S003/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and apparatus for irradiation with ultrashort laser pulses through a medium within a long optical path which can be easily eliminating a drawback that the output peak value is reduced due to broadening of the pulse width caused in the propagation of an ultra-short pulse laser beam through a medium such as the air.

SOLUTION: Means for expanding, amplifying, and compressing oscillation pulses in a short pulse laser oscillator 12 is provided. A target object 7 can be irradiated with a sharp ultra-short pulse laser beam by measuring the distance to the target object 7, calculating refractive index dispersion of the air to previously control the pulse width, and sending the controlled pulse.

COPYRIGHT: (C)2003, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-181661

(P2003-181661A)

(43)公開日 平成15年7月2日(2003.7.2)

(51)IntCl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\*(参考)

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

N 4 E 0 6 8

H 0 1 S 3/10

H 0 1 S 3/10

M 5 F 0 7 2

Z

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願2001-384405(P2001-384405)

(22)出願日

平成13年12月18日(2001.12.18)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 初田 洋司雄

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 宮川 昌弘

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100109313

弁理士 机 昌彦 (外2名)

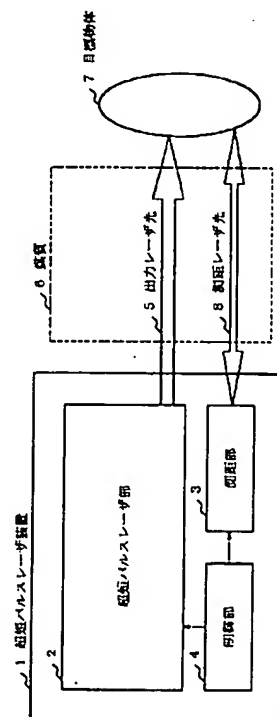
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザパルス照射方法及びに超短パルスレーザ装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】超短パルスレーザ光が大気などの媒質中を伝搬場合に生ずるパルス幅の広がりによる出力ピーク値が減少する欠点を簡易な方法で克服し、長光路の媒質中を介して超短レーザパルスを照射する方法及び装置を提供する。

【解決手段】短パルスレーザ発振器2の発振パルスを伸張し、増幅し、圧縮する手段を備え、さらに、目標物体7までの距離を計測し、大気の屈折率分散を計算してパルス幅を予め制御してパルスを送出することによって、目標物体に先鋭な超短パルスレーザ光を照射することができる。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャーピングされた短パルスレーザ光をレーザ装置から媒質中を伝搬させて目標物に照射する方法であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測し、前記計測された測距データと、前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となるように前記短パルスのプリチャープ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とするレーザパルス照射方法。

【請求項2】 チャーピングされた短パルスレーザ光をレーザ装置から媒質中を伝搬させて目標物に照射する方法であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測し、前記媒質の物理量を計測し、前記計測された測距データと、前記計測された前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となるように前記短パルスのプリチャープ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とするレーザパルス照射方法。

【請求項3】 目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザ光をレーザ装置から前記目標物に媒質中を伝搬させて照射する方法であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測し、前記計測された測距データと、前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記短パルスのプリチャープ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とするレーザパルス照射方法。

【請求項4】 目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザ光をレーザ装置から前記目標物に媒質中を伝搬させて照射する方法であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測し、前記媒質の物理量を計測し、前記計測された測距データと、前記計測された前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記短パルスのプリチャープ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とするレーザパルス照射方法。

【請求項5】 前記媒質が大気であることを特徴とする前記請求項1乃至4記載のレーザパルス照射方法。

【請求項6】 前記媒質の物理量が、少なくとも温度と圧力と水分含有率のいずれかを含むことを特徴とする前記請求項2または4記載のレーザパルス照射方法。

【請求項7】 前記レーザ装置から前記目標物までの距離計測は、レーザ光若しくは電波若しくは音波のいずれ

かによって行うことを特徴とする前記請求項1乃至4記載のレーザパルス照射方法。

【請求項8】 媒質中を伝搬させて目標物に照射するチャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となるように前記短パルスのプリチャープ量を設定し、前記短パルスレーザ光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする超短パルスレーザ装置。

【請求項9】 媒質中を伝搬させて目標物に照射するチャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記媒質の物理量を計測する物理量計測手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記物理量計測手段から入力する前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となるように前記超短パルスのプリチャープ量を設定し、前記短パルスレーザ光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする超短パルスレーザ装置。

【請求項10】 媒質中を伝搬させて目標物に照射し、前記目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記短パルスのプリチャープ量を設定し、前記短パルスレーザ光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする超短パルスレーザ装置。

【請求項11】 媒質中を伝搬させて目標物に照射し、前記目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記媒質の物理量を計測する物理量計測手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記物理量計測手

段から入力する前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記超短パルスのプリチャージ量を設定し、前記短パルスレーザー光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする超短パルスレーザー装置。

【請求項12】 前記媒質が、大気であることを特徴とする前記請求項8乃至11記載の超短パルスレーザー装置。

【請求項13】 前記媒質の物理量が、少なくとも温度と圧力と水分含有率のいずれかを含むことを特徴とする前記請求項9または11記載の超短パルスレーザー装置。

【請求項14】 前記測距手段が、レーザー光若しくは電波若しくは音波のいずれかによって距離計測を行うことを特徴とする前記請求項8乃至11記載の超短パルスレーザー装置。

【請求項15】 前記短パルスレーザー光送出手段が、パルスレーザー光を発振するレーザー発振器と、前記レーザー発振器を出力するパルスレーザー光のパルス時間幅を伸張するパルス伸張器と、前記パルス伸張器を出力する伸張パルスの波高値を高める光増幅器と、前記光増幅器を出力する伸張パルスを前記制御手段からの指示に基づき所定のパルス幅の短パルスに変換するパルス圧縮器、を備えることを特徴とする前記請求項8乃至11記載の超短パルスレーザー装置。

【請求項16】 前記パルス圧縮器が、反射型回折面を有し、相互の距離が前記制御手段からの指示に基づき可変できる2つの反射型回折格子を備えることを特徴とする前記請求項15記載の超短パルスレーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザーパルス照射方法並びに超短パルスレーザー装置とくに大気中等の媒質中を介して目標物に超短レーザーパルスを照射する方法及びその超短レーザーパルスを送出するレーザー装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年のレーザー技術の発達により、チャープパルス増幅(CPA)を用いて、パルス幅が極端に短いのに1パルス当たりのエネルギーが大きくて、出力ピーク値が、従来では考えられない程巨大なレーザーが開発され、種々の応用化が進展している。これらのレーザーのパルス幅は1ps(1兆分の1秒)~10fs(百兆分の1秒)と短パルスあって、出力ピーク値は1TW(1兆ワット)~1PW(千兆ワット)にも及んでいる。

【0003】光パルスの時間幅が1ns(10億分の1秒)以上のレーザー光の場合とは異なり、超短パルスレーザー光は、集光して物体に照射すると、物体は熱的な作用

ではなく、電磁界の直接の作用で効率よく、しかも周辺に熱作用による変質を招くことなくアブレーション(原子や分子が剥離し取り去られる現象)を起こす。この特徴を生かして、真空中や希ガス中で行われる微細加工や新材料の創生のほか、建築物の外壁清掃、危険地域での危険物体除去や宇宙デブリ(ごみや破片)の除去等、野外での応用も考えられている。

【0004】しかし、超短パルスレーザー光は、真空中を伝搬する場合は、そのパルス幅は変化しないが、超短パルス光自体が波長の広がりを持つため、大気などの媒質中を伝搬すると、光に対する媒質の屈折率の分散性により、パルス幅が広がり、出力ピーク値が大幅に減少する。このため、パルスレーザー光を作用させる物体の位置でのパルス幅の拡大が問題となることが少ない、レーザレーダなどの応用以外は、大気などの媒質中を長距離に涉って超短パルスレーザー光を伝搬させる応用は、実現が困難であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、このような超短パルスレーザーの欠点を簡易な方法で克服して、長光路の媒質中を介して目標物に所望のパルス幅の超短レーザーパルスを照射する方法及びその超短レーザーパルスを送出するレーザー装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係わる発明のレーザーパルス照射方法は、チャーピングされた短パルスレーザー光をレーザー装置から媒質中を伝搬させて目標物に照射する方法であって、前記レーザー装置から前記目標物までの距離を計測し、前記計測された測距データと、前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となるように前記短パルスのプリチャージ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とする。また、本発明の請求項2に係わる発明のレーザーパルス照射方法は、チャーピングされた短パルスレーザー光をレーザー装置から媒質中を伝搬させて目標物に照射する方法であって、前記レーザー装置から前記目標物までの距離を計測し、前記媒質の物理量を計測し、前記計測された測距データと、前記計測された前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となるように前記短パルスのプリチャージ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とする。また、本発明の請求項3に係わる発明のレーザーパルス照射方法は、目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザー光をレーザー装置から前記目標物に媒質中を伝搬させて照射する方法であって、前記レーザー装置から前記目標物までの距離を計測し、前記計測された測距データと、前記媒質の屈折率分散特性と

ら、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記短パルスのプリチャージ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とする。また、本発明の請求項4に係わる発明のレーザパルス照射方法は、目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザ光をレーザ装置から前記目標物に媒質中を伝搬させて照射する方法であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測し、前記媒質の物理量を計測し、前記計測された測距データと、前記計測された前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記短パルスのプリチャージ量を設定し、所定のパルス幅の短パルスに変換して送出することを特徴とする。また、本発明の請求項5に係わる発明のレーザパルス照射方法は、前記請求項1乃至4に係わる発明記載の前記媒質が、大気であることを特徴とする。また、本発明の請求項6に係わる発明のレーザパルス照射方法は、前記請求項2または3に係わる発明記載の前記媒質の物理量が、少なくとも温度と圧力と水分含有率のいずれかを含むことを特徴とする。また、本発明の請求項7に係わる発明のレーザパルス照射方法は、前記請求項1または4に係わる発明記載の前記レーザ装置から前記目標物までの距離計測は、レーザ光若しくは電波若しくは音波のいずれかによって行うことを特徴とする。また、本発明の請求項8に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、媒質中を伝搬させて目標物に照射するチャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となるように前記短パルスのプリチャージ量を設定し、前記短パルスレーザ光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする。また、本発明の請求項9に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、媒質中を伝搬させて目標物に照射するチャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記媒質の物理量を計測する物理量計測手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記物理量計測手段から入力する前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスの前記目標物到達時の波高値が最大またはパルス幅が最小となる

ように前記超短パルスのプリチャージ量を設定し、前記短パルスレーザ光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする。また、本発明の請求項10に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、媒質中を伝搬させて目標物に照射し、前記目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記短パルスのプリチャージ量を設定し、前記短パルスレーザ光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする。また、本発明の請求項11に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、媒質中を伝搬させて目標物に照射し、前記目標物がアブレーションを起こすように、チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する超短パルスレーザ装置であって、前記レーザ装置から前記目標物までの距離を計測する測距手段と、前記媒質の物理量を計測する物理量計測手段と、前記チャーピングされた短パルスレーザ光を送出する短パルスレーザ光送出手段と、前記測距手段から入力する測距データと、前記物理量計測手段から入力する前記媒質の物理量データと、前記物理量データに対する前記媒質の屈折率分散特性とから、前記短パルスが前記目標物到達時に前記目標物に前記アブレーションを起こす最適のパルス幅となるように前記超短パルスのプリチャージ量を設定し、前記短パルスレーザ光送出手段に所定のパルス幅の短パルスに変換することを指示する制御手段、を備えることを特徴とする。また、本発明の請求項12に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、前記請求項8または11に係わる発明記載の前記媒質が、大気であることを特徴とする。また、本発明の請求項13に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、前記請求項9または11に係わる発明記載の前記媒質の物理量が、少なくとも温度と圧力と水分含有率のいずれかを含むことを特徴とする。また、本発明の請求項14に係わる発明の超短パルスレーザ装置は前記請求項8乃至11に係わる発明記載の前記測距手段が、レーザ光若しくは電波若しくは音波によって距離計測を行うことを特徴とする。また、本発明の請求項15に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、前記請求項8乃至11に係わる発明記載の前記短パルスレーザ光送出手段が、パルスレーザ光を発振するレーザ発振器と、前記レーザ発振器を出力するパルスレーザ光のパルス時間幅を伸張するパルス伸張器と、前記パルス伸張器を出力する伸張パルスの波高値を高める光増幅器と、前記光増幅器を出力する伸張パルスを前記制御手段から

の指示に基づき所定のパルス幅の短パルスに変換するパルス圧縮器、を備えることを特徴とする。また、本発明の請求項16に係わる発明の超短パルスレーザ装置は、前記請求項15に係わる発明記載の前記パルス圧縮器が、反射型回折面を有し、相互の距離が前記制御手段からの指示に基づき可変できる2つの反射型回折格子を備えることを特徴とする。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の実施に形態について図面を参照して説明する。図1は、本発明の動作概念を示す。超短パルスレーザ装置1は超短パルスレーザ部2と測距部3及び制御部4とで構成される。測距部3により目標物体7と超短パルスレーザ装置1との間の距離を測距レーザ光8で測定している。測距の手段として、この例ではレーザ光を用いているが、電波によるレーダ方式でも音波による方式でも必要な測距精度が得られればよい。

【0008】一般に、大気や水などの媒質中では、波長の短い光は波長の長い光よりも伝搬速度がわずかに遅いから、制御部4において測距部3からの距離データをもとに、短波長側のレーザ光を長波長側のレーザ光に対して早めに出すように時間を計算して、超短パルスレーザ部2を制御し、適当なパルス幅の出力レーザ光5を発生する。超短パルスレーザ部2からは出力レーザ光5が発射され、媒質6の中を伝搬して、目標物体7を照射する。出力レーザ光5は、短波長側のレーザ光を長波長側のレーザ光に対して早めに出射しており、媒質6を伝搬中に屈折率の分散の効果によって圧縮を受けて超短パルスレーザ光となり、目標物体において激しいアブレーションや衝撃を起こすことができる。目標物体を構成する物質やレーザパルスがその物質に与える効果や目的は種々異なるので、波高値のみならず、送り出すパルス幅は自在に設定できることが望ましい。

【0009】大気の屈折率は、波長1,000nm付近において、 $-3.1 \times 10^{-9}$  (1/nm)の分散性を有していて、パルス時間波形でガウス型のパルス幅 $2\sigma$ 値=0.5psのレーザパルスは、スペクトル広がり形状においてもガウス型の分布となり、その波長広がり $2\sigma$ 値で4.2nmとなる。0.5psのパルス幅のレーザ光は進行方向に150 $\mu$ mの広がりを持つが、10km伝搬すると、大気の分散性により、波長の短い成分の光が、波長の長い成分の光に対して約130 $\mu$ mだけ伝搬が遅れるため、パルス幅は約2倍に増大する。

【0010】この現象は、より幅の短いパルス光においてはさらに顕著である。波長1,000nmで、パルス時間幅0.05psのレーザ光では、進行方向に15 $\mu$ mの長さを持つのにに対し、そのスペクトル広がり42nmのため、大気の分散性の影響によってパルス長は130 $\mu$ mに増大し、わずか1kmの空中伝搬でもパルス長は約10倍となる。また、超短パルスレーザによく用

いられる、レーザ光波長800nm付近においては、大気の屈折率の分散性は、 $-8 \times 10^{-9}$  (1/nm)と1,000nm付近より増大するため、この分散性に対する配慮がより重要となる。従って、超短パルスレーザ光を長距離伝搬させて使用するには、本発明の使用が不可欠である。

【0011】図2に本発明の超短パルスレーザ装置の第1の実施形態の構成を示す。超短パルスレーザ装置1は超短パルスレーザ部2と測距部3及び制御部4とで構成される。超短パルスレーザ部2は、レーザ発振器21とパルス伸張器22とレーザ増幅器23とパルス圧縮器24と送光光学系25及び電源26とから構成され、超短パルスレーザを目標物体に送光する。制御部4は超短パルスレーザ部2及び測距部3の動作を制御する。レーザ発振器21は、超短パルスレーザ装置として必要なパルス幅以下の超短パルスレーザ発振を行い、制御部4からの信号により、適当なタイミングで所要の数のパルスレーザ光を出力する。測距部3は目標物体7までの距離を測定し、その結果を制御部4に送り込む。制御部4はこの距離データを基に、目標物体7において最適の波形となるように、超短パルスレーザ部2の中のパルス圧縮器24とレーザ発振器21を制御する。

【0012】パルス伸張器22は、レーザ発振器21からの超短パルス光のパルス幅を伸張する。パルス伸張器の一例を図3に示す。この構成例においては、分散を与える素子として、2枚の反射型回折格子、回折格子A33と回折格子B34が使用されている。ミラーB32は、入射光と反射光の光軸を変位させて反射する特性を有している。この光軸の変位によって、出力光は入力光が反射するミラーC35の反射面の上または下を通過し、これによって入力光と出力光とが分離されるように構成されている。このパルス伸張器によって、パルス幅は1000倍以上に伸張することが可能である。このため、次段のレーザ増幅器23での増幅が容易となる。ここにおいては、パルス光中の短波長側の成分が長波長側の成分より先に進行するパルスとなる。レーザ増幅器23では入力レーザ光の増幅が行われる。増幅可能なレーザ波長の幅が大きいものが必要なため、現在ではガラスレーザ増幅器やチタンサファイア増幅器が使用されることが多い。

【0013】パルス圧縮器24は、パルス伸張器で伸張され、レーザ増幅器によって増幅された伸張光パルスの時間幅を圧縮する。パルス圧縮器の構成の一例を図4に示す。この構成では、2枚の大型反射型回折格子、回折格子C43と回折格子D44と、入力光と出力光の光路を分離するミラーD45と、伸張器で述べたと同様の光軸を変位させて反射するミラーE42とで構成している。パルス圧縮器24においては、制御部4からの信号により、2枚の回折格子43と44の間隔を制御して、短波長側の成分に対して適当な時間間隔だけ遅延を与

え、レーザ増幅器23からの伸張されたレーザパルス光のパルス幅を圧縮する。超短パルスレーザ部2を出射する出力パルス光は、目標物体7上で所望のパルス幅の超短パルスが形成されるように、大気分散を考慮して、短波長側成分が媒質6による遅延分時間的にまだ長波長側の成分より先行して出力される。

【0014】制御部4が、測距部3からの目標物体までの距離データと、大気分散の分散式とから、伸張パルスに含まれる短波長側の成分を遅延させるために回折格子43と44の間隔を設定する信号を生成する。こ

こで用いられる大気分散率 $n$ の分散の計算式は、0.03%のCO<sub>2</sub>ガスを含む乾燥空気において、  

$$(n-1) \cdot 10^8 = 6432.8 + 2,949.810 / (146 - \sigma^2) + 25,540 / (41 - \sigma^2)$$
  
 で与えられる。ここで、 $\sigma$ は $\mu\text{m}^{-1}$ で表した光波の波数である。上式は物理学の学術書に掲載されている。一例として、米国物理学会ハンドブック(American Institute of Physics Handbook)第3版の第6章を参照することができる。送光光学系25は目標物体7に向け、レーザ光を集光しビームとして発射する。

【0015】次に本発明の第2の実施の形態について説明する。図4は、第1の実施の形態に気象計測部51を付加した本発明の超短パルスレーザ装置の第2の実施形態の構成を示す。特に100fs以下のパルス幅の超短パルスレーザを用いるときは、より厳密なパルス幅設定を行う必要がある。図4の構成では、気温や気圧及び湿度等の大気分散率に関するパラメータを気象計測部51において測定して、その測定データに基づいて、制御部4において、下記に示す温度や気圧及び水蒸気圧を考慮した大気分散率の計算式と前述の第1の実施形態で示した大気分散率分散式とを組み合わせて計算を行い、精密な設定をパルス圧縮器に対して行うことを可能にしている。温度や気圧及び水蒸気圧等を考慮した大気分散率の計算式は、気温 $t$ (°C)、気圧 $P$ (mmHg)、水蒸気圧 $e$ (mmHg)のときの分散率を $n_{TPe}$ としたとき、

$$(n_{TPe} - 1) = (n_{15,760} - 1) \cdot (1 + 15\alpha) P / 760 (1 + \alpha t) - 0.055e \cdot 10^{-6} / (1 + \alpha t)$$

で与えられる。ここで、 $\alpha = 0.00366$ の定数、 $n_{15,760}$ は気温15°Cで気圧760mmHgの時の分散率を表している上位の温度や気圧及び水蒸気圧を考慮した大気分散率の計算式は、物理学の学術書に掲載されている。一例として、アメリカ物理学会ハンドブック(American Institute of Physics Handbook)第3版の第6章を参照することができる。

【0016】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の超短パルス

レーザ装置の有する効果は次の通りである。超短パルスレーザに簡単な装置を付加することにより、超短パルスレーザ光を、真空中のみでなく、大気等の分散性の媒質中を長距離送光して、目標物体の表面でアブレーションを効率よく起こさせることができるようになる。また、超短パルスレーザ光の目標物体上でのパルス幅や照射タイミング、照射パルス数を、目標物体を構成する物質や照射の目的に応じて任意に設定することができる。また、送光光学系から超短パルスレーザを発射するときには、出力パルス光の短波長側成分は、大気分散を考慮した遅延分時間的にまだ長波長側の成分より先行して出力されて、パルス幅が広めに設定されるため、出力ピーク値を減少することができる。このため、送光光学系の耐光性の緩和や口径の減少が計れて、経済的効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超短パルスレーザ装置の動作概念を示す図である。

【図2】本発明の超短パルスレーザ装置の第1の実施形態の構成ブロックを示す図である。

【図3】本発明の超短パルスレーザ装置が備えるパルス伸張器の光学構成を示す。

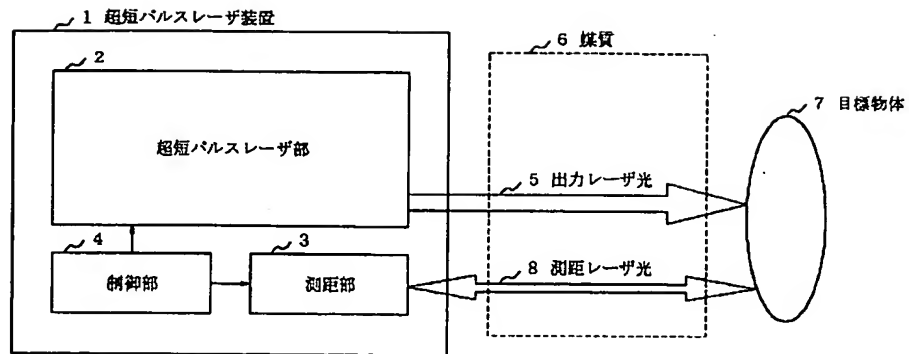
【図4】本発明の超短パルスレーザ装置が備えるパルス圧縮器の光学構成を示す。

【図5】本発明の超短パルスレーザ装置の第2の実施形態の構成ブロックを示す図である。

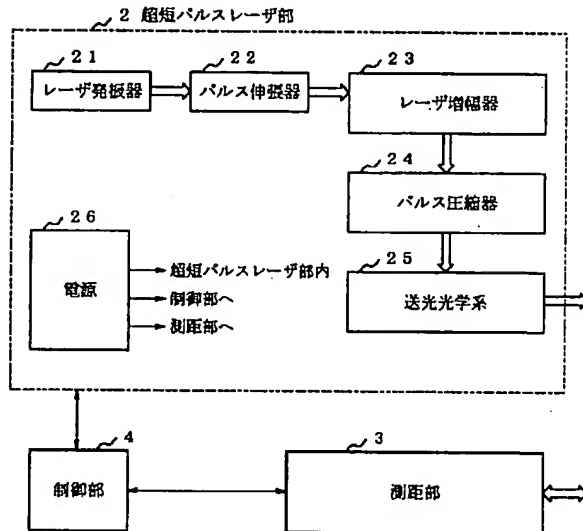
【符号の説明】

- |    |            |
|----|------------|
| 1  | 超短パルスレーザ装置 |
| 2  | 超短パルスレーザ部  |
| 3  | 測距部        |
| 4  | 制御部        |
| 5  | 出力レーザ光     |
| 6  | 媒質         |
| 7  | 目標物体       |
| 8  | 測距レーザ光     |
| 21 | レーザ発振器     |
| 22 | パルス伸張器     |
| 23 | レーザ増幅器     |
| 24 | パルス圧縮器     |
| 25 | 送光光学系      |
| 26 | 電源         |
| 32 | ミラーB       |
| 33 | 回折格子A      |
| 34 | 回折格子B      |
| 35 | ミラーC       |
| 42 | ミラーE       |
| 43 | 回折格子C      |
| 44 | 回折格子D      |
| 45 | ミラーD       |
| 51 | 気象計測部      |

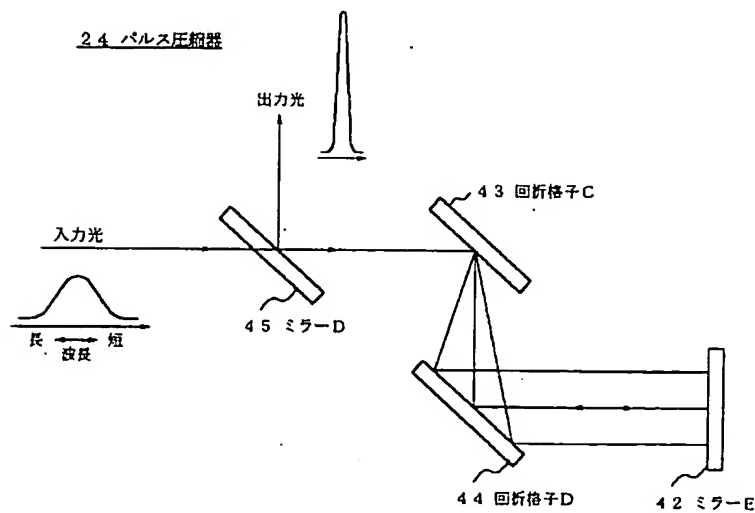
【図1】



【図2】

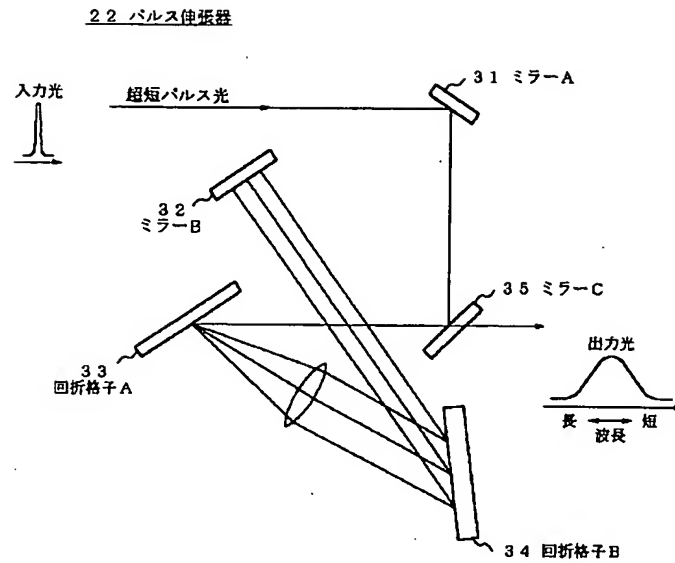


【図4】

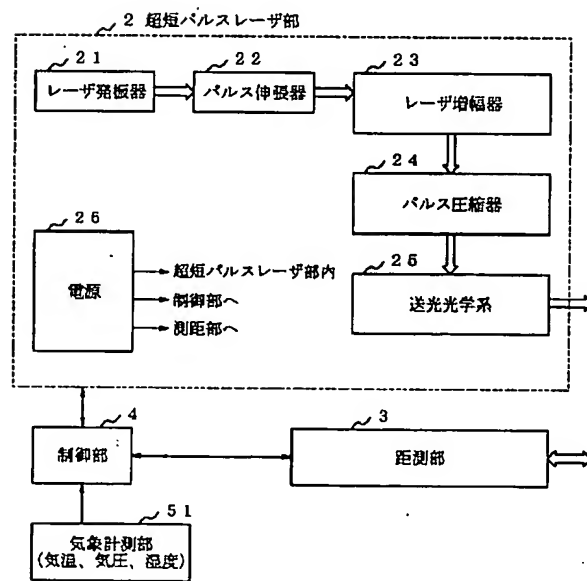




【図3】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4E068 CA02 CA03 CA05 CC00  
 5F072 AB07 AB20 KK05 KK07 KK15  
 RR01 SS08 YY06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**